Bulletin de la Société entomologique de France, **123** (3), 2018 : 315-325. ISSN 0037-928X
https://doi.org/10.32475/bsef_2018 eISSN 2540-2641

Contribution des bandes enherbées aux communautés émergeantes de Carabidés en milieux agricoles de marais (Coleoptera, Carabidae)

Daphné Durant[1], Nathalie Lemaire[1] & Stéphanie Aviron[2]

[1] Unité Expérimentale INRA-SAD, UE 057, 545 route du Bois-Mâché, F – 17450 Saint-Laurent-de-la-Prée <daphne.durant@inra.fr>, <nathalie.lemaire@inra.fr>
[2] UMR INRA-ESA-Agrocampus Ouest BAGAP, 65 rue de Saint-Brieuc, F – 35042 Rennes Cedex <stephanie.aviron@inra.fr>

(Accepté le 13.VI.2018 ; publié le 3.X.2018)

Résumé. – Une expérimentation de piégeage de Coléoptères Carabidae a été réalisée pendant trois années consécutives (2013, 2014 et 2015) sur la ferme expérimentale INRA de Saint-Laurent-de-la-Prée (en polyculture-élevage – bovin allaitant) située dans les marais charentais (France). Vingt-deux paires de pièges à émergence ont été installées dans les zones cultivées, un premier piège étant installé dans une parcelle cultivée (aussi bien de culture de printemps que de culture d'hiver) et le second dans la bande enherbée adjacente. Cette étude révèle une communauté riche de 55 espèces de Carabidés, dominée cependant par un nombre restreint d'espèces (≤ 10 espèces). L'abondance et la richesse spécifique en Carabidés se sont révélées supérieures dans les parcelles cultivées par rapport aux bandes enherbées adjacentes, pour les cultures d'hiver. Le résultat inverse a été obtenu pour les cultures de printemps. Les résultats montrent qu'un nombre élevé de Carabidés émergent des sols des agro-écosystèmes, de l'ordre de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'individus par semaine et par hectare, en extrapolant les données obtenues dans nos pièges. Le calcul d'un indice de similitude montre que les bandes enherbées et les cultures présentent une certaine différence dans les cortèges d'espèces qui y émergent, certaines espèces montrant une préférence pour émerger des cultures, par exemple *Poecilus purpurascens* (Dejean, 1828) et *P. cupreus* (Linné, 1758).

Abstract. – **Contribution of grass margins to the emergence of ground beetles in agricultural areas located in marshes (Coleoptera, Carabidae)**. An emergence trapping experiment on ground beetles (Coleoptera Carabidae) was performed during three successive years (2013, 2014 and 2015) on the Saint-Laurent-de-la-Prée research farm (a mix crop-livestock farming system – suckler cow farming) located in the marshes of Charente-Maritime (France). The emergence level from 22 emergence traps put on crop fields (both on spring-sown and winter-sown crops) was compared to that from traps on grass margins. We found 55 species of carabids. The catches were however dominated by a limited number of species (≤ 10 species). Compared to grass margins, the abundance and species richness of carabids were higher on winter-sown crops. The reverse tended to be found on spring-sown crops. Results showed that many carabids emerge from the soil in agro-ecosystems: we caught between several thousand and several dozen thousand individuals per week and per hectare on the most "productive" fields. The calculation of an index of similarity showed that the species assemblage from grass margins is quite different from that found on crops, some species preferring to emerge from crops, for instance *Poecilus purpurascens* (Dejean, 1828) and *P. cupreus* (Linnaeus, 1758).

Keywords. – Emergence, Carabidae, marshes, grass margins, agricultural areas.

Aujourd'hui, nous attendons des systèmes de production agro-écologiques non seulement de produire autant que des systèmes plus "conventionnels", mais aussi d'être particulièrement économes en intrants, et ce grâce à un recours accru aux processus écologiques. On cherche pour cela à stimuler l'activité biologique de ces agro-écosystèmes en renforçant les mécanismes écologiques qui y sont à l'œuvre. Parmi les mesures pouvant être prises, l'une d'elles consiste à aménager le pourtour des parcelles cultivées. Initialement prévues dans le cadre de la Directive Nitrates pour réduire la pollution de l'eau due aux activités agricoles, les bandes enherbées (dites aussi "bandes tampon", de 5 mètres de large minimum) se sont révélées utiles pour fournir des habitats pour la biodiversité des milieux agricoles (Desender, 1982 ; Ernoult *et al.*, 2013 ; Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014). Elles peuvent en particulier renforcer les populations

d'auxiliaires naturellement présents dans le milieu (ex. insectes, araignées, oiseaux) pour permettre le contrôle biologique des bio-agresseurs (insectes, limaces, mauvaises herbes…) et ainsi réduire l'usage des pesticides (herbicides, insecticides, molluscicides…) destinés à la protection des cultures. C'est ce que l'on appelle la "lutte biologique par conservation". La mise en place des bandes enherbées est ainsi une manière de créer des habitats semi-naturels pouvant se révéler d'une grande valeur écologique.

Dans le cadre du programme *Transi'marsh* réalisé sur la ferme expérimentale INRA de Saint-Laurent-de-la-Prée (voir description plus loin), des bandes enherbées ont été installées sur l'exploitation, s'étendant aujourd'hui sur 9,4 km et près de 5 ha. Nous avons mené pendant trois ans une étude afin d'évaluer l'intérêt de tels éléments dans le paysage pour les Coléoptères Carabidés, considérés comme étant un des principaux régulateurs naturels des populations de pucerons, mollusques, mauvaises herbes, et autres bio-agresseurs (KROMP, 1999 ; KULKARNI *et al.*, 2015). Les Carabidés des milieux agricoles utilisent en alternance les éléments non cultivés (ex. bords de champs) et les cultures pour hiverner, s'alimenter ou se reproduire. Ils se développent dans le sol de ces habitats et émergent du printemps à l'automne selon les espèces. Cependant, peu de références sur les Carabidés existent en zone de marais doux desséchés, caractérisés par des conditions de milieu particulières (notamment des sols argileux hydromorphes). L'étude se base sur l'utilisation de pièges à émergences (PURVIS & FADL, 1996). Ces dispositifs permettent de mieux connaître la phénologie d'émergence des principales espèces de Carabidés présentes sur la ferme, et de comprendre le rôle des bandes enherbées en tant que site de reproduction et de développement larvaire, mais aussi de sites refuges pour les adultes, *i.e.* hivernage (CHAPELIN-VISCARDI *et al.*, 2014). En outre, très peu d'études ont cherché à quantifier le niveau d'émergence des Carabidés en milieux cultivés (voir cependant FADL *et al.*, 1996 ; HOLLAND & REYNOLDS, 2003 ; CHAPELIN-VISCARDI *et al.*, 2014). Cette étude apporte également des éléments d'information sur le niveau de "production" en Carabidés des zones cultivées de marais.

Dans cette étude, nous avons abordé les aspects suivants.

– Le rôle des bandes enherbées pour l'émergence des Carabidés : les Carabidés sont sensibles aux perturbations du milieu et en particulier au travail du sol (HOLLAND & REYNOLDS, 2003). Les bandes enherbées étant des milieux moins perturbés et plus stables que les parcelles cultivées, nous avons fait l'hypothèse qu'elles étaient davantage sources de Carabidés que les cultures.

– L'effet du type de culture sur les cortèges d'espèces émergeant au sein des parcelles : parmi les facteurs de perturbation affectant les populations de Carabidés au sein des parcelles, le moment de l'année où intervient le travail du sol a des conséquences directes sur les émergences de jeunes Carabidés adultes (FADL *et al.*, 1996) et le développement des larves. Étant donné les itinéraires techniques sur les cultures dans le marais (culture d'hiver *vs* culture de printemps), on s'attend à ce que les Carabidés émergents soient moins nombreux et les espèces moins diversifiées dans les cultures de printemps que dans les cultures d'hiver.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

La ferme expérimentale INRA support de l'étude. – "L'expérimentation-système" *Transi'marsh* a été lancée en 2009 sur la ferme expérimentale de l'INRA Saint-Laurent-de-la-Prée, ferme de polyculture-élevage (bovin allaitant), située dans les marais de Rochefort-sur-mer (Charente-Maritime). Elle s'étend sur 160 ha, comprenant 115 ha de surfaces fourragères principales (dont 103 ha de prairies naturelles humides) et 45 ha de cultures majoritairement drainées (par rigoles ou drains enterrés) ; elle est composée d'un troupeau de 60 vaches allaitantes de race Maraîchine.

Le but de ce programme est d'appliquer une transition agricole (via une amélioration progressive au fil des années) avec pour objectif, à terme, d'avoir conçu un système agro-écologique. Il s'agit pour cela de tester de nouvelles pratiques adaptées aux conditions particulières du marais et à son contexte économique. Les grandes cibles visées sont la réorganisation du système de façon à améliorer son autonomie (notamment son autosuffisance vis-à-vis de l'alimentation du troupeau), mais aussi la contribution à la préservation de la biodiversité typique des marais charentais. Partant du principe que la biodiversité peut également être une "ressource pour produire", les pratiques et actions menées cherchent à valoriser celle-ci, qu'elle soit domestique (par exemple jouer sur la diversité des espèces et des variétés cultivées dans l'assolement, mais aussi dans le temps) ou sauvage (par exemple favoriser les auxiliaires de cultures pour qu'ils jouent un rôle dans la lutte biologique). L'évaluation des performances technico-économiques et environnementales de la ferme fait également partie du programme et permet de réviser les pratiques en fonction des avancées observées ou des mauvais résultats à corriger.

Dispositif expérimental et méthode. – L'expérimentation a été réalisée pendant trois années consécutives (2013-2014-2015), sur quatre parcelles (certaines étant communes d'une année à l'autre). Afin de déterminer s'il existe un effet du type de culture, en termes de période d'implantation, sur l'abondance et la richesse spécifique (nombre d'espèces) des Carabidés émergents des cultures, nous avons travaillé aussi bien sur des cultures implantées au printemps (tournesol ou orge de printemps sous couvert de luzerne), que sur des cultures d'hiver (blé tendre, triticale ou féverole d'hiver). Ainsi, chaque année, les suivis ont été réalisés simultanément dans au moins une parcelle de cultures de printemps, et au moins une parcelle de cultures d'hiver (tableau I).

Les sols de marais sont d'origine sédimentaire (sédiments marins et fluviaux), composés d'argile à hauteur de 60 %. Des dispositifs de drainage (tuyaux enterrés ou rigoles et "ados") équipent les parcelles cultivées de façon à gérer les excédents d'eau l'hiver. Ces sols argileux hydromorphes imposent des moments d'intervention dans les parcelles pour les travaux des champs. Dans le cas de cette étude, le travail du sol sur les parcelles cultivées se caractérise par un travail profond réalisé en fin d'été (labour par exemple) dès la récolte de la culture précédente, suivi de reprises du sol pour affiner le lit de semence. Le semis des cultures d'hiver se fait en début d'automne. Pour les cultures implantées au printemps, des reprises du sol ont lieu avant les semis de début printemps ; suivent ensuite les opérations de fertilisation ou de traitements phytosanitaires.

Tableau I. – Caractéristiques des parcelles équipées de pièges et cultures implantées sur chacune d'elles en 2013, 2014 et 2015.

Parcelle	**Caractéristiques de la parcelle**	**2013**	**2014**	**2015**
A2	Parcelle de marais (2,3 ha), profilée en "ados" avec rigoles	Tournesol (précédent orge d'hiver)	Blé tendre (précédent tournesol)	–
A7	Parcelle de marais (4,9 ha), drainage enterré	–	Tournesol (précédent maïs)	–
A8	Parcelle de marais (4,6 ha), profilée en "ados" avec rigoles	Triticale (précédent blé tendre)	Féverole d'hiver (précédent triticale)	Tournesol/luzerne (précédent féverole d'hiver)
E2	Parcelle de marais (6,2 ha), drainage enterré	Luzerne/orge (précédent blé tendre)	Tournesol (précédent luzerne-orge)	Blé tendre (précédent tournesol)

Le nombre de Carabidés émergents et la richesse spécifique ont été évalués par des pièges à émergence selon le dispositif de FADL *et al.* (1996). Ce type de piège consiste en un cadre de plexiglas de 30 cm de hauteur et de 1 m de côté, enfoncé à au moins 10 cm dans le sol et recouvert d'un filet "*insect-proof*" laissant passer l'air, mais à mailles suffisamment fines (0,5 mm) pour empêcher les insectes d'y entrer ou d'en sortir (fig. 1). À l'intérieur, deux pots en plastique de type "pot Barber" (12 cm de diamètre) ont été placés dans le sol à l'aide d'une tarière manuelle, le haut du pot affleurant la surface du sol. Les pots ont été remplis d'un liquide de conservation, non attractif pour les insectes (eau, 100 g/l de gros sel et 2 cl/l de liquide vaisselle sans parfum). Une plaque de plexiglas de 15 cm de côté a été disposée au-dessus de chaque pot afin d'éviter son remplissage en cas de pluie.

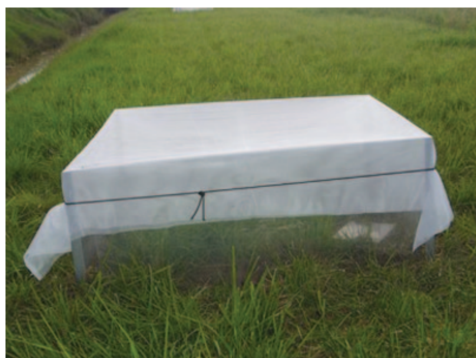
Pour chacune des parcelles suivies, le même dispositif de piégeage a été mis en place dans la culture (à 30 m du bord de la bande enherbée) et dans une bande enherbée adjacente à la parcelle (fig. 2). En 2013, un couple de pièges à émergence a été posé par parcelle. En 2014 et 2015, nous avons augmenté le nombre de couples de pièges à trois, disposés à 15 m les uns des autres. L'étude porte ainsi sur un total de 42 pièges. Le piégeage a débuté durant la troisième semaine d'avril et a ensuite été réalisé en continu, les pots étant relevés tous les sept jours. Il a duré 13 semaines, jusqu'à la récolte de la culture en place (troisième semaine de juillet). Les insectes piégés ont été conservés dans de l'alcool à 70° jusqu'à leur identification. Dans cette étude, seuls les Carabidés ont fait l'objet d'une détermination taxonomique et pour la grande majorité d'entre eux, celle-ci a pu être réalisée jusqu'à l'espèce (selon le référentiel de Fauna Europaea, https://fauna-eu.org/).



Fig. 1. – Semis récent d'une bande enherbée de 5 mètres de large disposée sur le pourtour d'une parcelle cultivée dans les marais desséchés.

Analyses des données. – La durée de piégeage a été scindée en deux périodes : une période 1 (P1) d'une durée de six semaines et une période 2 (P2) d'une durée de sept semaines. Le tableau II montre les dates de début et de fin de ces deux périodes pour les trois années d'étude.

Pour chaque semaine de piégeage, les contenus des deux pots Barber de chaque piège ont été additionnés. Les données hebdo-



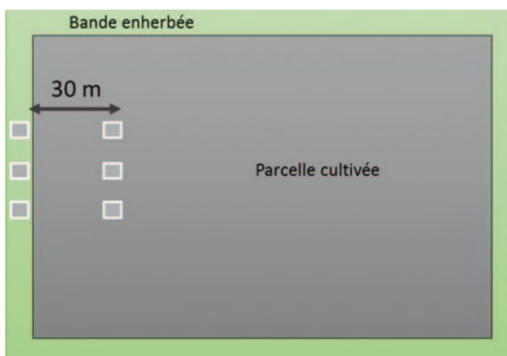


Fig. 2. – Dispositif de piégeage : piège à émergence installé dans une bande enherbée (à gauche) et disposition des couples de pièges dans chaque parcelle et sa bande enherbée adjacente (à droite).

Tableau II. – Dates de début et de fin des périodes de piégeage pour 3 années.

		2013	2014	2015
Période 1 (P1)	Début	23 avril	22 avril	21 avril
	Fin	4 juin	3 juin	2 juin
Période 2 (P2)	Début	4 juin	3 juin	2 juin
	Fin	23 juillet	22 juillet	21 juillet

madaires ont elles aussi été cumulées afin d'obtenir une donnée par période et par parcelle (en distinguant les données issues des cultures et celles des bandes enherbées).

La comparaison des données obtenues dans les cultures et dans les bandes enherbées a porté sur les variables suivantes : l'activité-densité (nombre total de Carabidés piégés) appelée abondance par la suite pour simplifier, et la richesse spécifique (nombre total d'espèces).

Un indice de similitude de la diversité spécifique, l'indice de Sørensen (Cs), a également été utilisé pour comparer les contenus des pièges dans les cultures et dans les bandes enherbées, en tenant compte de la présence ou l'absence des espèces (Dice, 1945 ; Sørensen, 1948). Cet indice a été calculé ainsi : $Cs = (2 \times J) / (a + b)$, avec J, le nombre d'espèces communes aux pièges situés dans les cultures et ceux situés dans les bandes enherbées, a, le nombre d'espèces piégées dans les cultures, b, le nombre d'espèces piégées dans les bandes enherbées ; Cs varie de 0 (aucune similitude) à 1 (similitude maximale des espèces émergentes dans les deux types d'habitats).

Compte tenu du nombre de pièges suivis, des analyses statistiques non paramétriques ont été privilégiées. Nous avons considéré le piège à émergence comme l'individu statistique de base. Des tests de comparaison de moyenne (tests de Mann-Whitney) ont été réalisés pour comparer les pièges des bandes enherbées à ceux des parcelles, et ont été appliqués sur deux variables : l'abondance et la richesse spécifique. Les analyses ont été réalisées grâce au logiciel Statistica (version 7.1).

Résultats et discussion

Le cortège d'espèces présentes sur la ferme expérimentale. – Globalement, nous avons collecté, durant les trois années d'étude, 1564 Carabidés appartenant à 55 espèces (dont 20 qui ne sont représentées que par un individu ; voir la liste des espèces en annexe). Cette richesse spécifique est très proche de celle communément trouvée dans les milieux agricoles ouverts que l'on estime grossièrement entre 30 et 60 espèces, estimation issue des résultats de plusieurs études reportées dans Pinault & Tiberghien (1987) et qui se confirme dans des études plus récentes en milieu agricole dans le nord-ouest de la France (par exemple voir Duflot *et al.*, 2017). Malgré une assez grande variabilité d'une parcelle à l'autre, nous avons pu constater des émergences importantes dans les deux types d'habitat : elles se répartissent en 551 Carabidés (31 espèces) dans les cultures et 412 (35 espèces) dans les bandes enherbées en période P1, ainsi que 324 Carabidés (35 espèces) dans les cultures et 277 (30 espèces) dans les bandes enherbées en période P2.

Malgré le fait que la communauté de Carabidés soit diversifiée (55 espèces), elle n'est dominée que par quelques espèces en termes d'abondance. Nous avons répertorié sept espèces en période P1 et dix espèces en période P2, représentant à elles seules plus de 70 % de l'effectif total (voir la liste des espèces dans le tableau III). Beaucoup d'autres espèces n'étaient présentes qu'en faible nombre [quelques fois un seul individu, comme par exemple *Amara rufipes* (Dejean, 1828), *Badister bullatus* (Schrank, 1798), *Demetrias atricapillus* (Linné, 1758), ou encore *Emphanes minimus* (Fabricius, 1792)].

Les quatre espèces les plus abondantes en période P1, à savoir *Poecilus purpurascens* (Dejean, 1828), *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763), *Poecilus cupreus* (Linné, 1758)

Tableau III. – Répartition des espèces (pourcentages sur l'ensemble des captures) collectées dans les 42 pièges en période P1 et période P2.

Espèces	**P1**	**P2**
Poecilus purpurascens	29,6	17,0
Anchomenus dorsalis	12,4	11,1
Poecilus cupreus	9,3	5,4
Brachinus crepitans	8,1	2,6
Brachinus psophia	6,6	5,2
Pseudoophonus rufipes	0	12,4
Chlaenius chrysocephalus	0	4,6
Parophonus mendax	0	4,4
Cephalophonus cephalotes	0	4,1
Harpalus cupreus	3,9	0
Syntomus obscuroguttatus	3,9	0
Microlestes sp.	0	3,3
Autres espèces	26,2 (35 espèces)	29,9 (37 espèces)

et *Brachinus crepitans* (Linné, 1758) représentent à elles seules plus de 59 % des individus piégés. En période P2, ce sont *Poecilus purpurascens*, *Pseudoophonus rufipes* (Degeer, 1774), *Anchomenus dorsalis*, *Poecilus cupreus* et *Brachinus psophia* (Audinet-Serville, 1821) qui totalisent 51 % des Carabidés piégés. Les espèces dominantes dans cette étude font partie de celles qui sont communément observées dans d'autres milieux agricoles, à l'exception de *Poecilus purpurascens* qui est une espèce caractéristique des zones littorales. Nous ne disposons cependant que de très peu d'informations sur sa biologie (comme par exemple son régime alimentaire). La présence de cette espèce, mais également d'*Apotomus rufus* (Rossi, 1790) et de *Cephalophonus cephalotes* (Fairmaire & Laboulbène, 1854), et dans une moindre mesure d'*Amara floralis* Gaubil, 1844, des spécialistes des marais littoraux, souligne notamment une certaine originalité du cortège d'espèces rencontré sur la ferme expérimentale. Notons par ailleurs que *Cephalophonus cephalotes* est une espèce considérée comme très rare.

Des émergences dans les surfaces cultivées et les bandes enherbées. – Nous avons en premier lieu cherché à comparer les communautés de Carabidés entre les cultures et les bandes enherbées adjacentes, pour chacune des deux périodes P1 et P2. Les résultats ne montrent aucune différence significative d'abondance (tests de Mann-Whitney, P1 : $U = 198{,}5$, $p = 0{,}58$; P2 : $U = 212$, $p = 0{,}83$) et de richesse spécifique (P1 : $U = 201$, $p = 0{,}62$; P2 : $U = 188{,}5$, $p = 0{,}42$) entre ces deux types d'habitat.

Afin d'analyser l'influence du type de culture sur la diversité des communautés, nous avons réitéré l'analyse en comparant les résultats de piégeage entre les cultures d'hiver et les cultures de printemps. Pour les deux périodes, nous avons constaté que le nombre de Carabidés émergents dans les cultures d'hiver avait tendance à être plus élevé que celui des bandes enherbées (P1 : $U = 20$, $p = 0{,}02$; P2 : $U = 33{,}5$, $p = 0{,}21$; fig. 3). Les tests effectués sur la richesse spécifique confirment également ce schéma (P1 : $U = 22$, $p = 0{,}03$; P2 : $U = 25{,}5$, $p = 0{,}06$).

En revanche, un résultat inverse tend à se dessiner pour les cultures de printemps : même si la majorité des tests se sont révélés non significatifs ($p > 0{,}05$; exception faite de la richesse spécifique en P1 : $U = 18{,}5$, $p = 0{,}006$), 8 couples de pièges sur 11 montraient une plus grande abondance et richesse spécifique en Carabidés dans la bande enherbée que dans la culture (fig. 3). Il faut noter cependant un biais potentiel dans les analyses du fait d'une parcelle suivie en 2015 (parcelle A8 de tournesol-luzerne) n'ayant pas subi le même travail du sol en sortie d'hiver que les autres cultures de printemps (*i.e.* essai de semis-direct, sans reprise du sol mais

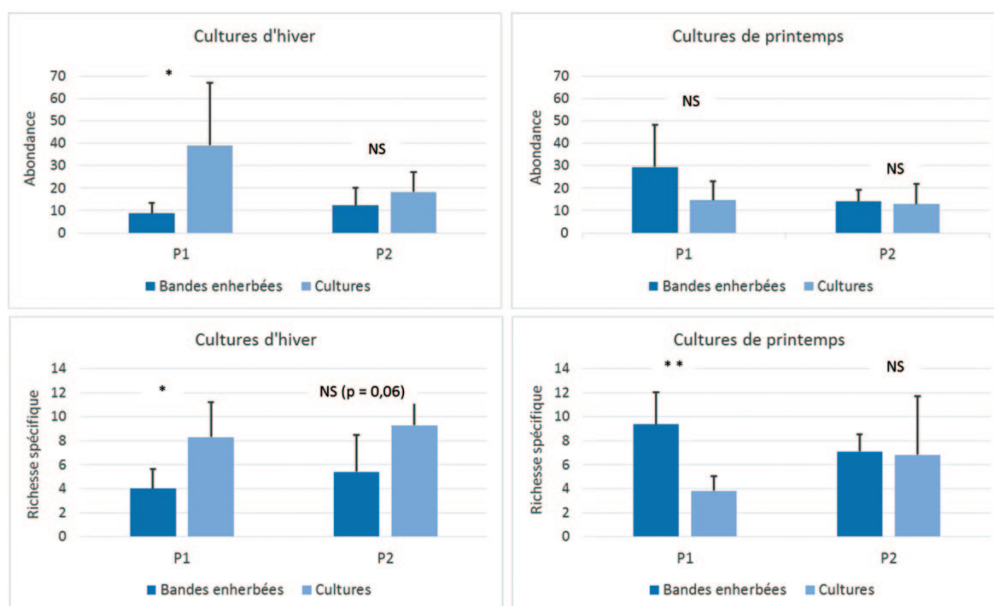


Fig. 3. – Moyennes des abondances et richesses spécifiques en Carabidés dans les cultures et dans les bandes enherbées en P1 et P2, selon que les couples de piège aient été positionnés dans des cultures d'hiver (n = 10) ou de printemps (n = 11). Pour des raisons de lisibilité de la figure, les intervalles de confiance à 95 % ont été représentés ; NS : non significatif ; * : p < 0,05 ; * * : p < 0,01.

simplement un passage de herse-étrille à une faible profondeur, 3-5 cm). Cette parcelle, ne constituant pas une "vraie" parcelle de printemps, les analyses faites en l'écartant de l'échantillon montrent des différences plus tranchées et une meilleure significativité des résultats.

Étant donné que les bandes enherbées sont des milieux moins perturbés et plus stables que les parcelles cultivées, nous nous attendions à ce qu'elles soient davantage source de Carabidés que les cultures, ce qui ne s'est pas forcément vérifié dans cette étude. Comme des travaux antérieurs l'ont déjà souligné, les surfaces exploitées à des fins de production agricole peuvent être une source non négligeable de renouvellement des populations de Carabidés : pour de nombreuses espèces, la parcelle cultivée est une zone d'activité et de reproduction en été, et un lieu où se développent les larves en hiver. Ces surfaces constituent donc un milieu privilégié pour l'émergence de ces espèces. Il faut cependant noter qu'une condition importante reste que les pratiques culturales (et notamment le travail du sol) soient réalisées à une période non défavorable pour les Carabidés. Il est ainsi probable que le travail du sol (les "reprises") au printemps ait plus de conséquences que celui réalisé en fin d'été-début d'automne, bien que ce dernier soit réalisé à une plus grande profondeur, *i.e.* travail du sol profond du type décompactage ou labour. En effet, d'autres études soulignent le caractère particulièrement destructeur du travail du sol sur les Carabidés lorsqu'ils sont à leurs premiers stades de développement (œuf, larve, nymphe) (Purvis & Fadl, 2002). Il a ainsi été montré que le travail du sol au printemps est défavorable aux grandes espèces de Carabidés se reproduisant à l'automne (ex. Fadl *et al.*, 1996 ; Hatten *et al.*, 2007). Dans notre cas, en ce qui concerne les cultures d'hiver, à condition que le travail du sol profond de fin d'été ne soit pas réalisé au-delà de début novembre, celui-ci semble peu défavorable aux Carabidés.

Quantification du niveau d'émergence. – Le tableau IV répertorie les niveaux d'émergence des Carabidés pendant les deux périodes considérées (P1 et P2), toutes années confondues.

Tableau IV. – Nombre moyen (± écart-type) d'individus émergents par semaine et par m² dans les cultures et les bandes enherbées, toutes années confondues, lors des périodes 1 et 2. Les effectifs extrapolés à l'hectare représentent l'émergence moyenne des parcelles respectivement les moins et les plus "productives" en Carabidés (l'année de piégeage pouvant ne pas être la même entre ces deux types de parcelle).

		Cultures		**Bandes enherbées**
		Cultures d'hiver	Cultures de printemps	
P1	individus / semaine / m²	6,45 ± 9,18 (n = 70)	2,44 ± 3,75 (n = 77)	3,28 ± 4,75 (n = 147)
	individus / semaine / ha	15 550 à 155 550	8 330 à 55 560	7 220 à 195 000
P2	individus / semaine / m²	2,60 ± 3,14 (n = 70)	1,83 ± 2,83 (n = 77)	1,88 ± 2,69 (n = 147)
	individus / semaine / ha	11 430 à 50 480	4 290 à 74 290	2 380 à 50 000

Si l'on se réfère à la première période de cette étude, nous obtenons entre 2,44 ± 3,75 et 6,45 ± 9,18 individus émergents par semaine et par m² dans les cultures (respectivement, de printemps et d'hiver) et 3,28 ± 4,75 individus par semaine et par m² dans les bandes enherbées. On remarque que ce niveau d'émergence diminue au cours du temps (de P1 à P2). Le niveau dans les bandes enherbées est intermédiaire à celui des cultures de printemps et d'hiver. Bien que très variables, ces résultats montrent le niveau élevé de Carabidés émergeant du sol dans les agro-écosystèmes. Après une extrapolation de ces résultats à l'hectare, nous avons obtenu des valeurs dont l'ordre de grandeur varie de quelques milliers, à plusieurs dizaines de milliers d'individus par semaine pour les parcelles les plus "productives" en Carabidés (tableau III). Pour comparaison, une étude menée par Chapelin-Viscardi *et al.* (2014) a rapporté une émergence de Carabidés estimée à 20 200-24 600 individus par semaine et par hectare en zone agricole en Centre/Île-de-France et 91 900-132 900 en Picardie.

Des cortèges d'espèces émergentes dissemblables entre milieux. – L'indice de Sørensen a été calculé pour comparer la nature des cortèges d'espèces émergentes dans les cultures et dans les bandes enherbées (une valeur d'indice moyenne par couple de pièges et par période). Les résultats montrent un degré de similitude relativement faible entre les deux types d'habitats (fig. 4a).

Globalement, pas plus d'un quart des espèces émergentes par période sont communes à une culture et sa bande enherbée. Pour chaque couple de piège, nous observons une grande variabilité dans les espèces qui sont identiques d'un piège à l'autre pour les cultures de printemps (min-max P1 : 0-0,37 ; P2 : 0-0,67) et d'hiver (min-max P1 : 0-0,43 ; P2 : 0-0,64). Cette variabilité semble très liée aux parcelles, *i.e.* certaines (A8 et E2) ont des indices de similitude plus élevés que d'autres (A2 et A7), l'environnement des parcelles jouant certainement un rôle dans cet effet. Que les couples "bande enherbée-culture" soient posés dans une culture d'hiver ou de printemps, le niveau de similitude est le même. Cet indice augmente légèrement au cours du temps (passant de 0,17 en P1 en moyenne à 0,26 en P2 ; fig. 4a), révélant certainement l'effet d'un décalage dans la phénologie d'émergence des espèces.

Étant donné que ce faible niveau de similitude semble être fortement déterminé par le grand nombre d'espèces de Carabidés (et donc influencé par des espèces qui sont présentes mais représentées par de très faibles effectifs), nous avons recalculé cet indice en ne tenant compte que des espèces dont l'abondance était ≥ 5 % (ce qui revient à ne considérer que cinq espèces, aussi bien en P1 qu'en P2). Ces indices augmentent alors (fig. 4b) : 0,33 pour les couples de pièges concernant les cultures de printemps et 0,21 pour ceux relatifs aux cultures d'hiver en P1 ; 0,38 pour les couples de pièges concernant pour les cultures de printemps et 0,43 pour les cultures d'hiver en P2. Avec ces niveaux d'indices de similitude (globalement entre 0,2 et 0,4), les bandes enherbées et les cultures maintiennent donc une certaine différence dans les cortèges d'espèces qui y émergent.

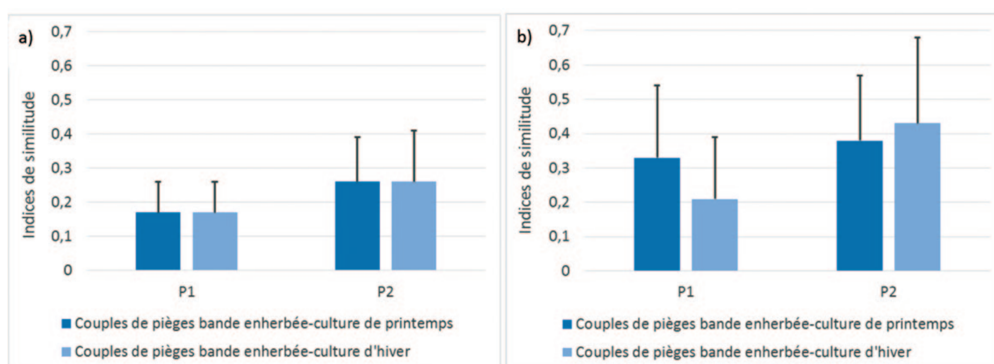


Fig. 4. – Indices moyens de similitude pour les couples de pièges bandes enherbées-culture de printemps (n = 11) et bandes enherbées-culture d'hiver (n = 10), a) avec toutes les espèces et b) uniquement avec les espèces dont l'abondance est ≥ 5 %. Les intervalles de confiance à 95 % ont été représentés.

Des espèces ont montré une préférence pour un type d'habitat. En général, les espèces observées dans les parcelles agricoles sont celles qui tolèrent les perturbations liées aux différentes interventions (travail du sol et traitements phytosanitaires en particulier). Dans cette étude, *Poecilus purpurascens* par exemple a émergé principalement des cultures (P1 : 89.1 *vs* 10,9 % individus émergents dans les bandes enherbées ; P2 : 81.7 *vs* 18.3 % ; tests de Mann-Whitney : $p < 0,01$). Il en est de même pour *P. cupreus* (P1 : 92.2 *vs* 7.8 % individus émergents dans les bandes enherbées ; P2 : 78.8 *vs* 21.2 % ; tests de Mann-Whitney : $p < 0,05$). Peu de données issues de la littérature nous renseignent sur les exigences écologiques des diverses espèces de Carabidés. Comme le soulignent Chapelin-Viscardi *et al.* (2014), des espèces montrent une certaine exigence en termes d'habitat pour leurs sites de développement larvaire ou sites d'hivernage. Les bandes enherbées seraient une source de Carabidés sensibles aux perturbations et certaines espèces pourraient y trouver des conditions plus appropriées pour leur biologie.

Conclusion et perspectives

Cette étude nous a permis de réaliser un premier inventaire des espèces présentes sur la ferme expérimentale de Saint-Laurent-de-la-Prée. Comme c'est souvent le cas dans d'autres études en milieu agricole, les relevés sont riches d'une cinquantaine d'espèces de Carabidés, mais restent néanmoins dominés par quelques espèces particulièrement bien représentées et typiques des milieux agricoles. Les études cherchant à quantifier les émergences de Carabidés sont peu nombreuses (voir cependant Purvis & Fadl, 1996 ; Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014). Dans ce domaine, notre expérimentation apporte quelques éléments chiffrés et montre le nombre important de Carabidés émergeant non seulement des surfaces cultivées, mais également des aménagements extra-parcellaires tels que les bandes enherbées. Ces surfaces, imposées par la réglementation dans le cadre de la Directive Nitrates, semblent donc être un habitat permettant aux Carabidés de s'y reproduire et à des adultes d'hiverner.

Notre étude est venue confirmer les conclusions d'autres travaux ayant déjà montré que les aménagements extra-parcellaires de type bandes enherbées, chemins herbeux, ou haies sont connus pour héberger et "produire" un nombre d'espèces non négligeable, voire supérieur à ce qui a été dénombré dans les surfaces cultivées (Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014). Les espèces les plus exigeantes et sensibles aux perturbations liées aux travaux agricoles en seraient d'autant favorisées. Ceci pousse les spécialistes à qualifier ces éléments des paysages agricoles de "réservoirs biologiques", jouant un rôle dans l'enrichissement de la biodiversité dans les agro-écosystèmes (Diwo-Allain & Bout, 2004).

La suite de ce travail s'oriente vers une meilleure compréhension du pouvoir régulateur des espèces de Carabidés (et d'autres auxiliaires) fréquentant la ferme expérimentale. En effet, c'est l'étape suivante vers laquelle la recherche s'est orientée depuis quelques années. De plus en plus de chercheurs souhaitent quantifier le service de régulation des ravageurs de cultures rendu par les auxiliaires, voire la régulation du "salissement" des parcelles via leur consommation de graines d'adventices (Bohan *et al.*, 2011 ; Kulkarni *et al.*, 2015). Cette perspective constitue un champ de recherches en plein développement.

Remerciements. – Cette étude a bénéficié du soutien financier de la Région Poitou-Charentes et de la Fondation Liséa Biodiversité. Plusieurs stagiaires y ont également participé (Alexandre David, Marc Channellière, Justine Le Net, Marion Decorse). Qu'ils en soient vivement remerciés.

Auteurs cités

Bohan D. A., Boursault A., Brooks D. R. & Petit S., 2011. – National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology,* **48** : 888-898.

Chapelin-Viscardi J.-D., Mezeray J.-M., Tosser V. & Wartelle R., 2014. – Émergences de Carabidés en milieux agricoles : intérêt des habitats, diversité et exigences spécifiques (Coleoptera Carabidae). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon,* **83** (7-8) : 157-170.

Desender K., 1982. – Ecological and faunal studies on Coleoptera in agricultural land. Part I: hibernation of Carabidae in agro-ecosystems. *Pedobiologia,* **23** : 295-303.

Dice L. R., 1945. – Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology,* **26** (3) : 297-302.

Diwo-Allain S. & Bout A., 2004. – *Impact des aménagements paysagers et des techniques culturales sur les Carabidés, auxiliaires de culture*. Journées Techniques Nationales Fruits et Légumes Biologiques, 30 novembre et 1er décembre 2004.

Duflot R., Ernoult A., Aviron S., Fahrig L. & Burel F., 2017. – Relative effects of landscape composition and configuration on carabid beetle and vascular plant multi-habitat gamma diversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* **241** : 62-69.

Ernoult A., Vialatte A., Butet A., Michel N., Rantier Y., Jambon O. & Burel F., 2013. – Grassy strips in their landscape context, their role as new habitat for biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* **166** : 15-27.

Fadl A., Purvis G. & Towey K., 1996. – The effect of time of soil cultivation on the incidence of *Pterostichus melanarius* (Illig.) (Coleoptera: Carabidae) in arable land in Ireland. *Annales Zoologici Fennici,* **33** : 207-241.

Hatten T. D., Bosque-Perez N. A., Labonte J. R., Guy S. O. & Eigenbrode S. D., 2007. – Effects of tillage on the activity density and biological diversity of carabid beetles in spring and winter crops. *Environmental Entomology,* **36** : 356-368.

Holland J. M. & Reynolds C. J. M., 2003. – The impact of cultivation on arthropod (Coleoptera and Aranea) emergence on arable land. *Pedobiologia,* **47** : 181-191.

Kromp B., 1999. – Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* **74** : 187-228.

Kulkarni S. S., Dosdall L. M. & Willenborg C. J., 2015. – The Role of Ground Beetles (Coleoptera: carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Science,* **63** : 355-376.

Pinault P. & Tiberghien G., 1987. – Composition faunistique, place et rôle des invertébrés dans une exploitation maraîchère en agrobiologie. D) Étude préliminaire sur les Coléoptères carabiques : inventaire faunistique, répartition spatio-temporelle. *Cahier de Liaison de l'O.P.I.E.,* **21** (3) : 21-35.

Purvis G. & Fadl A., 1996. – Emergence of Carabidae (Coleoptera) from pupation: a technique for studying the 'productivity' of carabid habitats. *Annales Zoologici Fennici,* **33** : 251-223.

—— 2002. – The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia,* **46** : 452-474.

Sørensen T., 1948. – A method of establishing groups of equal amplitudes in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter,* **5** (4) : 1-34.

Annexe

Liste des 55 espèces piégées au cours de cette étude (et leurs effectifs). En considérant également 10 *Brachinus sp*., 2 *Harpalus sp*., ainsi que 5 individus "indéterminés", un total de 1564 Carabidés ont été piégés dans cette étude.

Agonum afrum (Duftschmid, 1812) : 1	*Harpalus distinguendus* (Duftschmid, 1812) : 23
Agonum lugens (Duftschmid, 1812) : 2	*Harpalus dimidiatus* (Rossi, 1790) : 7
Agonum marginatum (Linné, 1758) : 5	*Loricera pilicornis* (Fabricius, 1775) : 1
Agonum nigrum (Dejean, 1828) : 6	*Metallina lampros* (Herbst, 1784) : 2
Agonum viduum (Panzer, 1797) : 2	*Microlestes sp*. : 30
Amara aenea (De Geer, 1774) : 4	*Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792) : 5
Amara floralis (Gaubil, 1844) : 1	*Olisthopus rotundatus* (Paykull, 1798) : 1
Amara kulti (Fassati, 1947) : 1	*Ophonus ardosiacus* (Lutshnik, 1922) : 5
Amara ovata (Fabricius, 1792) : 1	*Ophonus puncticeps* (Paykull, 1798) : 4
Amara rufipes (Dejean, 1828) : 1	*Paradromius linearis* (Olivier, 1795) : 1
Amara strenua (Zimmermann, 1832) : 2	*Paratachys bistriatus* (Duftschmid, 1812) : 10
Anchomenus dorsalis (Pontoppidan, 1763) : 187	*Parophonus mendax* (Rossi, 1790) : 34
Anisodactylus binotatus (Fabricius, 1787) : 5	*Pedius longicollis* (Duftschmid, 1812) : 11
Anisodactylus signatus (Panzer, 1797) : 2	*Philochthus biguttatus* (Fabricius, 1779) : 2
Apotomus rufus (Rossi, 1790) : 46	*Philochthus lunulatus* (Geffroy, 1785) : 4
Badister bullatus (Schrank, 1798) : 2	*Philochtus mannerheimii* (Sahlberg, 1827) : 1
Brachinus crepitans (Linné, 1758) : 94	*Phyla obtusa* (Audinet-Serville, 1821) : 33
Brachinus elegans (Chaudoir, 1842) : 31	*Poecilus cupreus* (Linné, 1758) : 123
Brachinus psophia (Audinet-Serville, 1821) : 96	*Poecilus purpurascens* (Dejean, 1828) : 389
Carterus fulvipes (Latreille, 1817) : 1	*Polistichus connexus* (Fourcroy, 1785) : 2
Cephalophonus cephalotes (Fairmaire & Laboulbène, 1854) : 37	*Pseudoophonus rufipes* (Degeer, 1774) : 88
Chlaenius chrysocephalus (Rossi, 1790) : 55	*Pterostichus macer* (Marsham, 1802) : 17
Demetrias atricapillus (Linné, 1758) : 5	*Scybalicus oblongiusculus* (Dejean, 1829) : 16
Diachromus germanus (Linné, 1758) : 2	*Stenolophus teutonus* (Schrank, 1781) : 1
Emphanes minimus (Fabricius, 1792) : 1	*Syntomus obscuroguttatus* (Duftschmid, 1812) : 48
Gynandromorphus etruscus (Quensel, 1806) : 2	*Trechus gr.quadristriatus* (Schrank, 1781) : 21
Harpalus affinis (Schrank, 1781) : 24	*Zuphium olens* (Rossi, 1790) : 1
Harpalus cupreus (Dejean, 1829) : 51	